

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-252232

(43) 公開日 平成9年(1997)9月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 9/72		7259-5 J	H 0 3 H 9/72	
9/145		7259-5 J	9/145	D
9/25		7259-5 J	9/25	C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平8-58036

(22) 出願日 平成8年(1996)3月14日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 筏 克弘

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 家木 英治

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

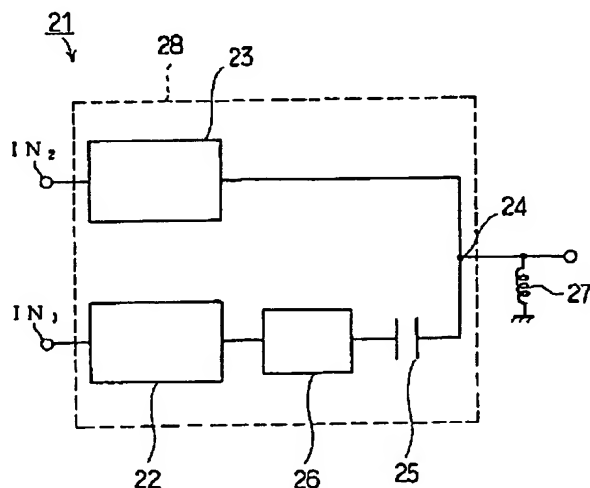
(74) 代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税 (外1名)

(54) 【発明の名称】 弾性表面波装置

(57) 【要約】

【課題】 比較的少ない部品点数及び簡単な回路構成で実現することができ、挿入損失の劣化を抑制することができ、かつ通過帯域内 V S W R の低減を図り得る、複数の通過帯域特性を有する弾性表面波装置を提供する。

【解決手段】 通過帯域が相対的に高周波数側にある第1のSAWフィルタ22の出力と、通過帯域が相対的に低周波数領域にある第2のSAWフィルタ23の出力とを並列接続点24で並列接続してなり、接続点24と第1のSAWフィルタ22との間に、一端子対SAW共振子26及びコンデンサ素子25を直列に挿入してなり、一端子対SAW共振子26が、その反共振周波数が第1のSAWフィルタ22の通過帯域よりも高周波数側となるように構成されている弾性表面波装置21。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の SAW フィルタを接続してなる弾性表面波装置であって、通過帯域が相対的に高い周波数領域にある第 1 の SAW フィルタと、通過帯域が相対的に低い周波数領域にあり、かつ前記第 1 の SAW フィルタに入力端または出力端側の接続点において並列接続されている第 2 の SAW フィルタと、前記第 1 の SAW フィルタと、前記接続点との間に接続されており、かつ前記弾性表面波装置の終端インピーダンスの $1/4$ 以上のインピーダンスを有するコンデンサ素子と、前記コンデンサ素子と、第 1 の SAW フィルタとの間に接続されており、かつ反共振周波数が第 1 の SAW フィルタの通過帯域よりも高周波数側となるように構成されている一端子対 SAW 共振子とを備える、弾性表面波装置。

【請求項 2】 前記第 1 の SAW フィルタが、圧電基板と、圧電基板上に形成された奇数個のインターデジタルトランスデューサと、前記奇数個のインターデジタルトランスデューサが形成されている領域の両側に形成された一対の反射器とを有する多電極型縦結合 SAW 共振子フィルタであり、かつ前記一対の反射器に隣接している一対のインターデジタルトランスデューサを含む複数のインターデジタルトランスデューサに前記一端子対 SAW 共振子が直列接続されている、請求項 1 に記載の弾性表面波装置。

【請求項 3】 前記第 1、第 2 の SAW フィルタが、それぞれ、圧電基板を用いて構成されており、前記コンデンサ素子が第 1 及び第 2 の SAW フィルタの圧電基板のうち一方の圧電基板上に構成されている、請求項 1 または 2 に記載の弾性表面波装置。

【請求項 4】 前記第 1、第 2 の SAW フィルタが、同一の圧電基板を用いて構成されている、請求項 1～3 の何れかに記載の弾性表面波装置。

【請求項 5】 前記圧電基板が、 36° Y-X LiTaO₃ 基板であり、かつ前記第 1 の SAW フィルタの通過帯域の中心周波数を f_{01} 、第 2 の SAW フィルタの中心周波数を f_{02} とすると、

$$f_{01} / f_{02} \leq 3/2 \quad \dots (1)$$

の関係を満たすように構成されている、請求項 4 に記載の弾性表面波装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の SAW フィルタを組み合わせる弾性表面波装置に関し、例えば、2 以上の周波数帯域を有する移動体通信機等に用いられる弾性表面波装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、移動体通信機の高機能化が進んでおり、例えば、2 つ以上の通信システムを持つマルチバンド対応の携帯電話が検討されている。このような携帯電話を実現するには、2 つ以上の帯域をカバーし得る広帯域のバンドパスフィルタが必要となる。しかしながら、2 つ以上の帯域をカバーし得る、低損失かつ広帯域のフィルタを単一の素子で実現することは困難であった。

【0003】そこで、複数のバンドパスフィルタを組み合わせることで 1 つの部品とすることにより広帯域のバンドパスフィルタを構成することが試みられている。例えば、特開平 4-16014 号公報には、上記のように複数のバンドパスフィルタを組み合わせる弾性表面波装置が開示されている。この先行技術に開示されている弾性表面波装置の構成を図 1 を参照して説明する。

【0004】図 1 に示す弾性表面波装置 1 は、複数の SAW フィルタ 2、3 を出力側で並列接続した構成を有する。すなわち、入力端 IN_1 及び IN_2 にそれぞれ SAW フィルタ 2、3 が接続されており、SAW フィルタ 2、3 の出力は接続点 4 において並列接続されている。SAW フィルタ 2 の通過帯域は、SAW フィルタ 3 のそれに比べて高くされている。

【0005】また、SAW フィルタ 2 と接続点 4 との間には、リアクタンス素子としてコンデンサ 5 が接続されている。また、接続点 4 とアース電位との間に第 2 のリアクタンス素子としてインダクタンス素子 6 が接続されている。

【0006】携帯電話では、送信と受信とが異なる周波数で行われている。弾性表面波装置 1 では、上記携帯電話における送信側バンドパスフィルタ及び受信側バンドパスフィルタを、SAW フィルタ 2、3 を組み合わせることにより単一の部品で構成することが可能とされている。

【0007】なお、弾性表面波装置 1 では、一方の SAW フィルタ 2 と接続点 4 との間にコンデンサ 5 のようなリアクタンス素子を挿入することにより挿入損失の低減が図られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】弾性表面波装置 1 においては、上記のように異なる通過帯域周波数特性を有する SAW フィルタ 2、3 が用いられているが、この場合、SAW フィルタ 2、3 として、必ずしも最適なインピーダンス特性を有するものを用意することができないことがある。

【0009】他方、リアクタンス素子としてのコンデンサ 5 を接続した側の SAW フィルタ 2 の SAW フィルタ 3 の通過帯域におけるインピーダンスが低い場合には、上記挿入損失の低減を図るには、コンデンサ 5 のインピーダンスを高める必要があった。ところが、リアクタンス素子のインピーダンスを高めた場合には、リアクタン

素子を挿入した側の SAW フィルタ 2 の通過帯域のインピーダンスも高くなり、その結果、通過帯域内における VSWR の劣化に伴い、SAW フィルタ 2 側における挿入損失が劣化するという問題があった。

【0010】そこで、上記先行技術においては、通過帯域内の VSWR の劣化を補うために、第 2 のリアクタンス素子として、インダクタンス素子 6 が接続点 4 とアース電位との間に接続されている。しかしながら、この場合には、逆に、インダクタンス素子 6 の影響により、SAW フィルタ 3 の通過帯域内 VSWR が劣化することになる。そのため、インダクタンス素子 6 を接続した構成においては、SAW フィルタ 3 においても、SAW フィルタ 2 側と同様に、インピーダンス整合用リアクタンス素子をさらに接続する必要がある。その結果、インピーダンス整合用素子数が増大し、回路構成が複雑になるという欠点があった。

【0011】本発明は、上述した先行技術の欠点に鑑み成されたものであり、使用する SAW フィルタのインピーダンス特性の制約が少なく、比較的少ない部品点数及び比較的簡単な回路構成で実現することができ、挿入損失の劣化を抑制することができ、かつ通過帯域内 VSWR の低減を図り得る、複数の通過帯域特性を有する弾性表面波装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の広い局面によれば、複数の SAW フィルタを接続してなる弾性表面波装置であって、上記課題を達成するものとして、通過帯域が相対的に高い周波数領域にある第 1 の SAW フィルタと、通過帯域が相対的に低い周波数領域にあり、かつ上記第 1 の SAW フィルタに入力端または出力端側の接続点において並列接続されている第 2 の SAW フィルタと、第 1 の SAW フィルタと上記接続点との間に接続されており、かつ弾性表面波装置の終端インピーダンスの $1/4$ 以上のインピーダンスを有するコンデンサ素子と、前記コンデンサ素子と第 1 の SAW フィルタとの間に接続されており、かつその反共振周波数が第 1 の SAW フィルタの通過帯域よりも高周波数側となるように構成されている一端子対 SAW 共振子とを備える弾性表面波装置が提供される。

【0013】また、本発明の特定の局面によれば、上記第 1 の SAW フィルタは、圧電基板と、圧電基板上に形成された奇数個のインターデジタルトランスデューサ（以下、IDT と略す。）と、前記奇数個の IDT が形成されている領域の両側に形成された一対の反射器とを有する多電極型縦結合 SAW 共振子フィルタで構成されており、かつ上記一対の反射器に隣接している一対の IDT を含む複数の IDT に上記一端子対 SAW 共振子が直列接続されている弾性表面波装置が提供される。

【0014】また、本発明のさらに別の特定の局面によれば、上記第 1、第 2 の SAW フィルタは、それぞ

れ、圧電基板を用いて構成されており、上記コンデンサ素子が第 1 及び第 2 の SAW フィルタの圧電基板のうちの一方の圧電基板上に構成される。

【0015】なお、本発明において、圧電基板としては、圧電単結晶、圧電セラミックスあるいは絶縁性もしくは圧電性基板上に圧電薄膜を形成したもの等が適宜用いられる。

【0016】また、本発明のより限定的な局面によれば、上記第 1、第 2 の SAW フィルタは同一の圧電基板を用いて構成される。さらに、本発明の別の特定の局面によれば、上記圧電基板としては、 $36^\circ \text{Y-X LiTaO}_3$ 基板が用いられ、上記第 1 の SAW フィルタの通過帯域の中心周波数を f_{01} 、第 2 の SAW フィルタの中心周波数を f_{02} とした場合に、

【0017】

【数 2】

$$f_{01} / f_{02} \leq 3/2 \quad \dots (1)$$

【0018】の関係を満たすように構成されている弾性表面波装置が提供される。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の弾性表面波装置の構造を説明するに先立ち、本願出願人が先に出願しており、かつ本発明に関連するが未だ公知ではない弾性表面波装置を図 2 を参照して説明する。

【0020】図 2 に示す弾性表面波装置 11 は、通過帯域周波数が相対的に高い第 1 のバンドパスフィルタ 12 と、通過帯域周波数が相対的に低い第 2 のバンドパスフィルタ 13 とを出力側で並列接続した構成を有する。すなわち、入力端 IN_1 及び IN_2 に、それぞれ、第 1、第 2 のバンドパスフィルタ 12、13 が接続されており、バンドパスフィルタ 12、13 の出力が接続点 14 において並列接続されている。

【0021】さらに、通過帯域周波数が相対的に低い第 2 のバンドパスフィルタ 13 の出力端と接続点 14 との間に、反共振周波数が第 1 のバンドパスフィルタ 12 の通過帯域内に、または第 1、第 2 のバンドパスフィルタ 12、13 の通過帯域間に位置している少なくとも 1 個の一端子対 SAW 共振子 15 が直列に接続されている。また、第 1 のバンドパスフィルタ 12 と接続点 14 との間には、伝送線路 16 からなるインピーダンス整合用素子が接続されている。

【0022】なお、第 1、第 2 のバンドパスフィルタ 12、13 は、少なくとも第 2 のバンドパスフィルタ 13 が SAW フィルタにより構成されている。弾性表面波装置 11 では、通過帯域周波数が相対的に低い上記第 2 のバンドパスフィルタ 13 に一端子対 SAW 共振子 15 を接続することにより、バンドパスフィルタ 13 の高周波数域における減衰量の拡大と共に、該バンドパスフィルタ 13 側におけるインピーダンス整合用外部回路の簡略化が果たされる。

【0023】しかしながら、相対的に通過帯域周波数が高い第1のバンドパスフィルタ12に伝送線路16を接続しているため、所望の線路長の伝送線路を形成すると、バンドパスフィルタ12、ひいては弾性表面波装置11の全体の寸法が大きくなってしまいう問題があった。

【0024】また、小型化及び高機能化を図るために、弾性表面波装置11を弾性表面波装置用パッケージに内蔵する場合には、所望の特性インピーダンスを得るためには伝送線路16の幅を極端に細くする必要がある。その結果、伝送線路16の抵抗損により、挿入損失が劣化するおそれがある。さらに、上記のようにパッケージに内蔵した場合には、パッケージの面積や高さが大きくなり、加えてコストの上昇をもたらすおそれもあった。

【0025】また、バンドパスフィルタ12、13の通過帯域周波数の差が比較的小さい場合には、相対的に周波数の高い第1のバンドパスフィルタ12における相手側すなわち第2のバンドパスフィルタ13の通過帯域内におけるインピーダンスが低くなり、伝送線路16の代わりに一端子対SAW共振子を用いたとしても該インピーダンスは十分に高くなり、相手側すなわちSAWフィルタ13の挿入損失の劣化を抑制することができないという問題もあった。

【0026】すなわち、本願発明者らは、一端子対SAW共振子15を用いた弾性表面波装置11において、上述のような問題があることに鑑み、さらに検討した結果、上述した本発明に係る弾性表面波装置を創案するに至った。

【0027】次に、本発明の弾性表面波装置の構成を図面を参照しつつ説明する。図3は、本発明の弾性表面波装置の一実施形態を説明するための回路図である。

【0028】弾性表面波装置21は、通過帯域が異なる第1のSAWフィルタ22と第2のSAWフィルタ23とを出力側で並列接続した構成を有する。すなわち、入力端IN₁に相対的に通過帯域が高周波数領域にある第1のSAWフィルタ22が接続されており、入力端IN₂に相対的に通過帯域が低周波数領域にある第2のSAWフィルタ23が接続されている。

【0029】第1のSAWフィルタ22の通過帯域は、860～885MHz、第2のSAWフィルタ23の通過帯域は810～826MHzである。第1、第2のSAWフィルタ22、23の出力は、接続点24において接続されている。

【0030】さらに、第1のSAWフィルタ22と接続点24との間には、コンデンサ25と、一端子対SAW共振子26とが接続されている。コンデンサ25は、弾性表面波装置21の終端インピーダンスの1/4以上のインピーダンスを有するように構成されている。また、上記一端子対SAW共振子26は、コンデンサ25と第1のSAWフィルタ22との間に接続されており、かつ

その反共振周波数が第1のSAWフィルタ22の通過帯域よりも高周波数側となるように構成されている。

【0031】なお、本実施形態では、リアクタンス素子としてインダクタンス素子27が、接続点24とアース電位との間に接続されている。このインダクタンス素子はパッケージ外で接続されている。すなわち、参照番号28で示す破線で囲まれた部分が1つのパッケージに内蔵されている。

【0032】弾性表面波フィルタ装置21では、上記のように構成されているため、第1のSAWフィルタ22側において、第2のSAWフィルタ23の通過帯域におけるインピーダンスを高める必要がある場合、コンデンサ25だけでなく該コンデンサ25と第1のSAWフィルタ22との間に上記一端子対SAW共振子26が接続されているため、第1のSAWフィルタ22側の挿入損失の増大及び通過帯域内におけるVSWRの劣化を抑制することができる。しかも、第2のSAWフィルタ23の挿入損失の劣化を抑制することもできる。

【0033】加えて、第1のSAWフィルタ22の挿入損失の増大を抑制し、該第1のSAWフィルタ22の通過帯域よりも高周波数側における減衰量を大きくすることができる。

【0034】弾性表面波フィルタ装置21の作用効果を、具体的な実験例に基づき説明する。第1、第2のSAWフィルタ22、23として、図4～図7に示す特性のものを用いた。

【0035】図4は、通過帯域の中心周波数が872.5MHzである第1のSAWフィルタ22の減衰量周波数特性を示す図である。図4においてBで示す特性は、縦軸の減衰量を縦軸の右側に示した拡大スケールに従って実線Aで示した特性を拡大したものである。

【0036】また、図5(a)及び(b)は、それぞれ、第1のSAWフィルタ22の入力端子及び出力端子のインピーダンススミスチャートを示す。また、図6は、通過帯域の中心周波数が818MHzである第2のSAWフィルタ23の減衰量周波数特性を示し、実線Dで示す特性は、縦軸の減衰量を縦軸の右側に示した拡大スケールに従って実線Cで示す特性を拡大したものである。また、図7(a)及び(c)は、第2のSAWフィルタ23の入力側及び出力側端子のインピーダンススミスチャートを示す図である。

【0037】図8(a)は、3.5pFのコンデンサ25を第1のSAWフィルタ22に直列接続した場合の出力側からみたインピーダンススミスチャートである。図5(b)と、図8(a)とを比較すれば明らかのように、図8(a)においては、コンデンサが接続されたことにより、818MHzにおけるインピーダンスが高められている。同時に、通過帯域付近におけるインピーダンスが50Ω純抵抗から容量性へと大きくずれている。

【0038】図9は、第1のSAWフィルタ22の出力

側に上記一端子対SAW共振子26を直列接続した場合の通過帯域内外の減衰量周波数特性を示し、図10

(a), (b)は、その場合の入力側及び出力側のインピーダンススミスチャートである。なお、図9において、実線Fで示す曲線は、実線Eで示す特性を、縦軸の右側に示す拡大スケールに従って拡大したものである。この場合、一端子対SAW共振子としては、電極指の対数=130対、電極指交差幅=60 μ m及び電極指間ピッチ=2.2 μ mのIDTを36°Y-X LiTaO₃からなる圧電基板上に形成したものをを用いた。

【0039】図5(b)と、図10(b)とを比較すると、図10(b)では、一端子対SAW共振子26により、818MHzにおけるインピーダンスが高められていることがわかる。また、図10(a)を図5(a)と比較すると、図10(a)では、第1のSAWフィルタ22の通過帯域における挿入損失の劣化が抑制されており、通過帯域よりも高周波数側における減衰量が高められていることがわかる。

【0040】図8(b)は、本実施形態の弾性表面波装置21の並列接続端子側、すなわち接続点24から第1、第2のSAWフィルタ22、23をみた場合のインピーダンススミスチャートを示す。図8(b)を、図8(a)と比較すると、図8(b)に示す特性では、818MHzにおいて8pFの容量をもつコンデンサで同等のインピーダンスが得られていることがわかる。この場合、通過帯域付近においては、50 Ω 純抵抗から容量性へのインピーダンスのずれは小さく抑えられている。

【0041】比較のために、図1に示した弾性表面波装置1を、上記と同様の第1、第2のSAWフィルタを用いて構成した。すなわち、弾性表面波装置1において、SAWフィルタ2、3として、上記第1、第2のSAWフィルタ22、23と同等のものをを用い、コンデンサ5として、818MHzにおけるインピーダンスが3.5pFであるコンデンサを用い、インピーダンス整合用インダクタンス素子6として7.5nHのものをを用いた。上記のようにして構成した弾性表面波装置1の第1のSAWフィルタ2側の減衰量周波数特性を図11に示す。なお、図11において、実線Hは、実線Gで示した特性を、減衰量を縦軸の右側に示したスケールに拡大して示した特性である。また、破線Iは、VSWR一周波数特性を示す。

【0042】また、上記弾性表面波装置1における第1のSAWフィルタ2の入力側及び出力側のインピーダンススミスチャートを図12(a)及び(b)に示す。また、第2のSAWフィルタ3の入力側は50 Ω で終端されている。

【0043】これに対して、図13は、図3に示したように、本実施形態に係る弾性表面波フィルタ装置21を構成した場合の第1のSAWフィルタ22側における減衰量周波数特性を示す図である。図13において、実線

Kは、実線Jで示した特性を縦軸の右側に示すスケールで拡大して示した特性であり、破線LはVSWR一周波数特性を示す図である。また、図14(a)及び(b)は、第1のSAWフィルタ22側における入力側及び並列接続点24側のインピーダンススミスチャートを示す図である。

【0044】本実施形態では、並列接続点24とアース点との間に、7.5nHのインピーダンス整合用インダクタンス素子27を挿入した。また、第2のSAWフィルタ23の入力側は50 Ω で終端されている。

【0045】図11を図13と比較すれば、図13では、コンデンサの挿入による損失の増大が抑制されていることがわかる。例えば、減衰量が3.1dBの通過帯域幅、いわゆる3.1dB帯域幅は、図11では32.5MHzであったのに対し、図13では33.3MHzと広がられていた。また、同時に、VSWRについても、図11では860~885MHzでの最大値が1.75であったのに対し、図13では1.3と小さくなっていることがわかる。さらに、通過帯域よりも高周波数側の周波数領域における減衰量が大きくなっていることもわかる。

【0046】図15は、上記実施形態における第2のSAWフィルタ23における減衰量周波数特性を示す図である。図15において、実線Nは、実線Mで示す特性を縦軸の減衰量を縦軸の右側で示すスケールで拡大したものであり、破線OはVSWR一周波数特性を示す。また、図16(a)及び(b)は、第2のSAWフィルタ23の入力側及び並列接続点24側のインピーダンススミスチャートを示す図である。また、並列接続点24とアース電位との間には7.5nHのインピーダンス整合用インダクタンス素子27が用いられている。また、第1のSAWフィルタ22の入力側は50 Ω で終端されている。図15を、図6と比較すれば明かなように、第2のSAWフィルタ23側における挿入損失の劣化を抑制し得ることがわかる。

【0047】なお、図17は、本発明とは異なり、上記第1のSAWフィルタ22と第2のSAWフィルタ23とを直接に並列接続した構成の第2のSAWフィルタ23の減衰量周波数特性を示す。図17において、実線Qは実線Pで示した特性を縦軸の減衰量を縦軸の右側に示すスケールで拡大して示したものであり、破線RはVSWR一周波数特性を示す。また、図18(a)及び(b)は、この場合の入力側及び出力側のインピーダンススミスチャートを示す図である。図17から明かなように、この場合、挿入損失が増大していることがわかる。

【0048】図19は、本発明の第2の実施形態に係る弾性表面波フィルタ装置の模式的平面図である。図19において、36°Y-X LiTaO₃からなる圧電基板31上に、第1のSAWフィルタとして多電極型縦結

10

20

30

40

50

合 SAW 共振子フィルタ 32 が構成されている。すなわち、SAW 共振子フィルタ 32 は、3 個の IDT 33 ~ 35 を有する。IDT 33 ~ 35 は、表面波伝搬方向に沿って交互に入力側 IDT または出力側 IDT とされている。各 IDT 33, 34, 35 は互いに間挿し合う電極指を有する一対のくし歯電極により構成されている。IDT 33 ~ 35 が設けられている領域の表面波伝搬方向外側には、反射器 36, 37 が配置されている。

【0049】IDT 33 ~ 35 のうち、外側の IDT 33, 35 の一方のくし歯電極が接地されており、他方のくし歯電極が出力側端子とされている。また、中央の IDT 34 の一方のくし歯電極が接地されており、他方のくし歯電極が入力端 IN₁ に接続されている。

【0050】上記 SAW 共振子フィルタ 32 の減衰量周波数特性の一例を図 20 に示す。図 20 において、実線 T は、実線 S で示した特性の要部を縦軸の減衰量を縦軸の右側に示したスケールで拡大して示した特性である。また、この SAW 共振子フィルタ 32 のインピーダンススミスチャートを図 21 (a) 及び (b) に示す。図 21 (a) は中央の IDT 34 の入力端 IN₁ に接続される端子における特性を、図 21 (b) は外側の IDT 33, 35 の出力側端子における特性である。

【0051】SAW 共振子フィルタ 32 の出力側には、一端子対 SAW 共振子 38 が設けられている。一端子対 SAW 共振子 38 は、その反共振周波数が、SAW 共振子フィルタ 32 の通過帯域よりも高周波数側となるように IDT 33, 35 の出力端子を構成しているくし歯電極に直列に接続されている。

【0052】上記一端子対 SAW 共振子 38 を SAW 共振子フィルタ 32 に直列接続してなる構成の減衰量周波数特性は、図 9 に示した特性と一致するように構成されており、かつインピーダンススミスチャートは、図 10 (a) 及び (b) に示した特性と一致するように構成されている。

【0053】上記一端子対 SAW 共振子 38 と接続点 39 との間にコンデンサ 40 が直列に挿入されている。SAW フィルタ 32 に一端子対 SAW 共振子 38 及びコンデンサ 40 を直列接続した構成の総合のインピーダンススミスチャートは、図 8 (b) に示した特性と一致するように構成されている。ここでは、コンデンサ 40 の静電容量は 8 pF とした。従って、図 8 (b) から明らかなように、図 5 (b) の場合に比べて、818 MHz におけるインピーダンスが高められている。

【0054】本実施形態においても、接続点 39 とアース電位との間にインダクタンス素子 41 が接続されている。このインダクタンス 41 は、第 1 の実施形態の場合のインダクタンス 27 と同様に構成されている。また、第 2 の SAW フィルタ 42 が、入力端 IN₂ に接続されており、該第 2 の SAW フィルタ 42 は出力側において SAW フィルタ 32 と並列接続されている。すなわち、

SAW フィルタ 42 の出力側は上記接続点 39 に接続されている。

【0055】SAW フィルタ 42 は、3 個の IDT 43 ~ 45 を有し、IDT 43 ~ 45 が設けられている領域の外側に反射器 46, 47 が配置されている。本実施形態の弾性表面波フィルタ装置 31 は、上記のように構成されているため、第 1 の実施形態に係る弾性表面波フィルタ装置と同様の作用効果を発揮する。加えて、SAW フィルタ 32 が多電極型縦結合 SAW 共振子フィルタで構成されており、かつ一端子対 SAW 共振子 38 に直列に接続されている。この構成による効果を、以下において説明する。

【0056】図 20 は、上記構成とは逆に、一端子対 SAW 共振子 38 を中央の IDT 34 の一方のくし歯電極に直列接続し、しかる後 15 pF の容量のコンデンサを接続した場合の SAW フィルタ 32 側の減衰量周波数特性である。図 21 (a) 及び (b) は、この場合の入力側及び出力側のインピーダンススミスチャートである。図 21 (b) から明らかなように、818 MHz におけるインピーダンスは、図 8 (b) に示した 818 MHz におけるインピーダンスとほぼ一致している。

【0057】さらに、図 20 に示した特性を得た構成に第 2 の SAW フィルタ 42 を並列接続した場合の SAW フィルタ 32 側の減衰量周波数特性を図 22 に示す。図 22 において、実線 V は実線 U で示す特性を減衰量を縦軸の右側に示すスケールで拡大して示した特性であり、破線 W は通過帯域内 V SWR を示す。

【0058】また、この場合のインピーダンススミスチャートは、図 23 (a), (b) に示す通りとなる。ここでは、並列接続点とアース電位との間に 7.5 nH のインピーダンス整合用インダクタンス素子 41 が用いられている。また、第 2 の SAW フィルタ 42 の入力側は 50 Ω で終端されている。

【0059】図 22 と、図 13 とを比較すれば、図 13 では挿入損失の増大が抑制されており、例えば、3.1 dB 帯域幅は図 22 では 30.5 MHz であったのに対し、図 13 では 33.3 MHz と上げられる。同様に、VSWR の劣化も極力抑制されることがわかる。

【0060】これは、一端子対 SAW 共振子 38 の 860 ~ 880 MHz におけるインピーダンスと、第 1 の SAW フィルタ 32 の外側の IDT の出力側端子の 860 MHz ~ 885 MHz のインピーダンスとの合成により、VSWR が低減されるためである。

【0061】なお、本実施形態では、36° Y-X LiTaO₃ からなるものを用いていたが、これに限定される必要はなく、LiNbO₃ などの他の圧電単結晶またはチタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミックスのような圧電セラミックス、あるいは絶縁性基板や圧電性基板上に圧電薄膜を形成してなる適宜の圧電基板を用いることができる。

【0062】次に、本発明の弾性表面波装置の具体的な構造の他の例を説明する。図24は、本発明の弾性表面波装置の具体的な構造の一例を説明するための略図的平面図であり、第1のSAWフィルタ、一端子対SAW共振子及びコンデンサが同一基板上に構成されている例を示す。

【0063】1枚の圧電基板52上に多電極型SAW共振子フィルタ53が第1のSAWフィルタとして構成されている。すなわち、SAW共振子フィルタ53では、3個のIDT54～56が表面波伝搬方向に沿って形成されている。IDT54～56は、交互に入力側IDTまたは出力側IDTとされている。外側のIDT54、56の一方のくし歯電極が接地されており、他方のくし歯電極が接続点57により共通接続されている。また、IDT55の一方のくし歯電極が接地されており、他方のくし歯電極が入力用引き出し電極58に電気的に接続されている。

【0064】図24において、59a、59b、59cは、それぞれ、接地電位に接続するための引き出し電極である。IDT54～56が設けられている領域の表面波伝搬方向両側には、反射器60、61が設けられている。また、接続点57には、一端子対SAW共振子62が接続されている。また、一端子対SAW共振子62に、コンデンサ63が接続されている。

【0065】コンデンサ63は、図24では一対のくし歯電極により構成されている。コンデンサ63の他方のくし歯電極は、接続電極64に接続されている。この接続電極64は、本発明における第1のSAWフィルタと第2のSAWフィルタとの接続点を構成する。すなわち、第2のSAWフィルタについては、図24では図示されていないが、上記接続電極64に第2のSAWフィルタの出力側が接続される。図24では、コンデンサ63は、第1のSAWフィルタとしてのSAW共振子フィルタ53と同一基板上に形成されていたが、コンデンサ63は第2のSAWフィルタを構成するための圧電基板上に構成されていてもよい。

【0066】図25は、図24に示した圧電基板52を組み込んでなる弾性表面波装置を説明するための断面図である。図25では、パッケージ内に本発明の弾性表面波装置が内蔵される。

【0067】すなわち、弾性表面波装置71では、上方に開口を有するパッケージ本体72の上方開口が封止材73で封止されている。パッケージ本体72は、アルミナなどの絶縁性セラミックスあるいは合成樹脂等の適宜の材料により構成することができる。図25では、パッケージ本体72は、ベースプレート72a上に、開口を有する枠状のパッケージ材72b、72cを積層し、かつ貼り合わせた構造を有する。パッケージ本体72の開口内において、ベースプレート72a上に、第1のSAWフィルタと一端子対SAW共振子とコンデンサとを同

一面上に備えた圧電基板52と、第2のSAWフィルタが構成されている圧電基板75とが接着剤等により固定されている。

【0068】上記圧電基板52、75上のSAWフィルタの電極端子は、金属からなるワイヤー76、77などにより引き出され、パッケージ本体72に形成されている引き出し電極に電気的に接続されている。また、封止材73は、セラミックスや金属などにより構成することができる。この場合、封止材73の下面に、圧電基板52、75上に構成されたSAWフィルタが引き出される引き出し電極を適宜形成してもよい。

【0069】図25に示すように、パッケージ本体72と封止材73とからなるパッケージ内に、本発明の弾性表面波装置を内蔵することができ、従って単一の部品として前述した作用効果を発揮し得る複数の通過帯域を有するバンドパスフィルタを構成することができる。

【0070】図24に示した弾性表面波素子51では、コンデンサ63が圧電基板52の表面に形成されているため、コンデンサ63の容量値の変更を容易に行うことができる。すなわち、くし歯電極の電極指の数や交差幅を変更することにより、静電容量を容易に変更することができる。従って、図25に示したように、コンデンサが表面に形成されている圧電基板52をパッケージ内に挿入する構造に適用した場合、コンデンサの容量値の変更に伴ってパッケージの寸法を変更する必要がない。すなわち、パッケージの共通化を図り得るため、パッケージコストの低減を図ることができる。

【0071】加えて、従来、2つの通過帯域を有する第1、第2のSAWフィルタを1つの弾性表面波装置としてパッケージ化した場合、2つのSAWフィルタの入出力電極の全て、すなわち4つの電極をパッケージ内に形成する必要があった。これに対して、図24に示したコンデンサ63を第1のSAWフィルタと同一の圧電基板52上に形成した場合には、一方のSAWフィルタ側において出力電極の数を3個とすることができ、従ってパッケージの更なる小型化を図り得る。あるいは、逆に、接地用の電極を増加させることができるため、アースを強化することにより、SAWフィルタの直達波による減衰量の劣化を抑制することができる。

【0072】図26は、図24に示した弾性表面波素子51を発展させて、第2のSAWフィルタについても同一の圧電基板上に構成した例を示す略図的平面図である。図26において、図24に示した弾性表面波素子51と同一の部分については、同一の参照番号を付する。

【0073】図26を参照して、圧電基板80上において、接続電極64に、第2のSAWフィルタ81が接続されている。第2のSAWフィルタ81は、圧電基板80上に、すなわち第1のSAWフィルタとしてのSAW共振子フィルタ53と同一基板上に形成されている。

【0074】第2のSAWフィルタ81は、3個のID

T8.2~8.4を有する。IDT8.2~8.4の設けられている領域の表面波伝搬方向両側には、反射器8.5、8.6が形成されている。第2のSAWフィルタ8.1の中央のIDT8.3の一方のくし歯電極が上述した接続電極6.4に接続されており、他方のくし歯電極が接地用引き出し電極8.7aに接続されている。また、外側のIDT8.2、8.4の一方のくし歯電極は、入力用引き出し電極8.7bに接続されており、他方のくし歯電極は接地用引き出し電極8.7c、8.7dに接続されている。

【0075】図26に示した例では、圧電基板8.0上に、第1、第2のSAWフィルタ、コンデンサ及び一端子対SAW共振子の全てが構成されている。従って、図27に断面図で示すように、パッケージ本体7.2内に弾性表面波装置を容易に組み込むことができ、従ってパッケージ化に際しての作業効率を高め得る。

【0076】また、2個のSAWフィルタを1つの圧電基板8.0上に構成したため、SAWフィルタの通過帯域の間隔をほぼ一定に保つことが容易となり、2個のSAWフィルタを独立して製造した場合に比べて、特性のばらつきの低減を図り得る。すなわち、互いの周波数差が小さくなった場合には、相対的に周波数の高い側の第1のSAWフィルタにおいて、第2のSAWフィルタの通過帯域におけるインピーダンスが低くなり、第2のSAWフィルタ側における挿入損失が増大することがあるが、互いの周波数間隔を一定にすることが容易であれば、このような挿入損失の劣化を抑制することができ

る。

【0077】また、図26に示した弾性表面波装置では、好ましくは、第1のSAWフィルタとしての多電極型SAW共振子フィルタ6.1の通過帯域の中心周波数 f_{01} と、第2のSAWフィルタ6.2の中心周波数 f_{02} とは、下記の式(1)

【0078】

【数3】

$$f_{01} / f_{02} \leq 3/2 \quad \dots (1)$$

【0079】を満たすように構成される。これを、具体的な実験例に基づき説明する。図28は、900MHz帯における3電極型の縦結合型SAW共振子フィルタにおけるA1よりなる電極の膜厚 h と、電極の波長 λ の比 h/λ に対する振幅特性の比帯域幅についての実験結果を示す。図28から、電極の膜厚 h を厚くすると、共振子フィルタの反射器のストップバンド幅が広がり、比帯域幅を広げ得ることがわかる。

【0080】圧電基板として 36° Y-X LiTaO₃を用いた場合、縦結合型SAW共振子フィルタでは、携帯電話用として実用上十分な比帯域幅3.3%を得るには、上記電極膜厚比 h/λ は、

【0081】

【数4】

$$h / \lambda \geq 0.06$$

【0082】を満たす必要がある。他方、電極膜厚比 h/λ を大きくすると、通過帯域が低周波数側や高周波数側の阻止域に重なることになり、これらの領域における減衰量の不足が問題となる。従って、比帯域幅が6.9%以上に拡大することは望ましくなく、電極膜厚比 h/λ は、

【0083】

【数5】

$$h / \lambda \leq 0.10$$

【0084】を満たすことが望ましい。

【0085】ところで、本発明の弾性表面波装置において、2個のSAWフィルタを同一の圧電基板上に形成するには、電極膜厚を同じとすることが作業性の点からは望ましい。しかしながら、第1のSAWフィルタと第2のSAWフィルタとは通過帯域が異なるため、その表面波の波長もやはり異なる。従って、同じ電極膜厚の場合には、各フィルタの電極膜厚比 h/λ は異なることになる。

【0086】第1のSAWフィルタの中心周波数を f_{01} 、波長 λ_1 、第2のフィルタの中心周波数を f_{02} 、波長 λ_2 をした場合、 $\lambda_2 > \lambda_1$ の関係がある。すなわち、 λ_2 は、 $h/0.06$ のときに最も大きく、 λ_1 は、 $h/0.10$ の場合に最も小さくなる。このとき2つのフィルタの周波数比が最も大きくなり、その波長の比 $\lambda_1/\lambda_2 = 3/5$ となる。

【0087】同一圧電基板上において、波長 λ と周波数の逆数 $1/f$ とは比例関係にある。従って、第1のフィルタと第2のSAWフィルタの中心周波数との間には、

【0088】

【数6】

$$f_{01} / f_{02} \leq 5/3$$

【0089】の関係があればよいこととなる。他方、2個のSAWフィルタの通過帯域の周波数差が広がるほど、第1のSAWフィルタの第2のSAWフィルタの通過帯域におけるインピーダンスが高くなる。このインピーダンスは、SAWフィルタの静電容量や配線の浮遊インダクタンスあるいは浮遊抵抗で定まる。

【0090】図29に、3電極型SAW共振子フィルタの外側のIDT側におけるインピーダンススミスチャートを示す。図29から、中心周波数の2/3よりも小さくなる周波数におけるインピーダンスは、インピーダンススミスチャート上の第4象現に存在する。

【0091】相手側すなわち第2のSAWフィルタの通過帯域におけるインピーダンスが第4象現にあれば、本発明において直列接続される一端子対SAW共振子を用いる方法を採用せずに、低インピーダンスのコンデンサのみで帯域内の挿入損失の劣化を極力抑制しつつインピーダンスを高めることができる。すなわち、第1のSAWフィルタの通過帯域の中心周波数 f_{01} と、第2のSAWフィルタの中心周波数 f_{02} とが、

【0092】

【数7】

$$f_{01} / f_{02} \leq 3/2 \quad \dots (1)$$

【0093】である範囲においては、本発明の構造を適用することが望ましいことがわかる。よって、第1のSAWフィルタの通過帯域の中心周波数 f_{01} と、第2のSAWフィルタの中心周波数 f_{02} とが、上記式(1)を満たす場合には、第1のSAWフィルタの第2のSAWフィルタの通過帯域におけるインピーダンスが特に低くなるが、本発明では、このような場合であっても、一端子対SAW共振子を直列接続することにより、第1のSAWフィルタの挿入損失及びVSWRの劣化を極力抑制することができ、かつ第2のSAWフィルタ側の挿入損失の劣化も抑制することができる。

【0094】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、通過帯域の異なる第1、第2のSAWフィルタの並列接続の接続点と、第1のSAWフィルタとの間に上記一端子対SAW共振子及びコンデンサが直列に挿入されているため、第1のSAWフィルタ側における挿入損失及びVSWRの劣化を効果的に抑制することができ、かつ相手側となる第2のSAWフィルタ側における挿入損失の劣化も抑制することができる。さらに、第1のSAWフィルタの挿入損失の劣化を抑制しつつ、通過帯域よりも高周波数側の周波数領域における減衰量を大きくすることができる。従って、携帯電話等のマルチバンドに対応した弾性表面波装置を提供することが可能となる。

【0095】また、請求項2に記載のように、第1のSAWフィルタを、多電極型縦結合SAW共振子フィルタにより構成し、該SAW共振子フィルタの一对の反射器に隣接している一对のIDTを含む側の複数のIDTに一端子対SAW共振子を接続した構成によれば、請求項1に記載の発明の効果に加えて、SAW共振子フィルタのVSWRの低減を図ることができ、従って一端子対SAW共振子を接続したことによる挿入損失の劣化を抑制することができる。

【0096】また、請求項3に記載のように、第1、第2のSAWフィルタが、それぞれ、圧電基板を用いて構成されており、コンデンサ素子が第1及び第2のSAWフィルタの圧電基板のうちの一方の圧電基板上に構成されている場合には、請求項1または2に記載の発明の効果に加えて、コンデンサ素子の容量値の変更を容易に行い得るため、基板にコンデンサを内蔵した場合に比べて、容量値の変更を容易にかつ安価に行うことができる。さらに、弾性表面波装置をパッケージ化する場合には、上記コンデンサ素子が圧電基板上に形成されているため、容量値を変更した場合であってもパッケージの変更を行わないでよい場合が多いため、パッケージの共通化を果たすことができ、ひいては弾性表面波装置をパッケージ化した構造のコストの低減を図り得る。

【0097】加えて、従来、通過帯域の異なる2個のSAWフィルタを用いた弾性表面波装置では、SAWフィルタの入出力電極の全て、すなわち4つの電極をパッケージ材に形成しておく必要があったのに対し、上記のようにコンデンサ素子をSAWフィルタと同一の圧電基板上に構成することにより、パッケージ材に形成すべき電極の数を3つとすることができ、それによってパッケージの小型化をより一層進めることができる。あるいは、逆に接地用の電極を増加させることにより、アースを強化して、SAWフィルタの直達波による減衰量の劣化を抑制することもできる。

【0098】さらに、請求項4に記載の発明では、上記第1、第2のSAWフィルタが同一圧電基板を用いて構成されるため、請求項1～3に記載の発明の効果に加えて、弾性表面波装置の組み立て作業を容易に行うことができ、かつ2個のSAWフィルタの通過帯域の差をほぼ一定に保つことが容易となるため、2個のSAWフィルタを独立に製造した場合に比べて、特性のばらつきによる影響を低減することができる。

【0099】請求項5に記載の発明では、第1、第2のSAWフィルタの中心周波数が、上述した式(1)を満たすように構成されているため、例えば携帯電話用帯域フィルタとして用いた場合、実用上十分な比帯域幅を得ることができるとともに、通過帯域の低周波数側や高周波数側に存在する阻止域における減衰量を十分に確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】通過帯域の異なる2個のSAWフィルタを並列接続してなる従来の弾性表面波装置の一例を示す回路図。

【図2】通過帯域の異なる2個のSAWフィルタを並列接続してなる未だ公知ではない先行技術に記載の弾性表面波装置の回路図。

【図3】本発明の弾性表面波装置の一例を説明するための回路図。

【図4】図3に示した弾性表面波装置における第1のSAWフィルタの減衰量周波数特性を示す図。

【図5】(a)及び(b)は、それぞれ、図3に示した弾性表面波装置における第1のSAWフィルタの2個の外側IDTを含む側の端子及び中央のIDT側の端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図6】図3に示した弾性表面波装置中の第1のSAWフィルタの減衰量周波数特性を示す図。

【図7】(a)及び(b)は、図3に示した弾性表面波装置中の第2のSAWフィルタにおける、それぞれ、2個の外側IDTを含む側の端子及び中央のIDTの端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図8】(a)は、図3に示した弾性表面波装置中の第1のSAWフィルタの出力側端子に3.5pFのコンデンサ素子を直列接続した場合のインピーダンススミスチ

ャートを示し、(b)は、図3に示した弾性表面波装置中の第1のSAWフィルタの出力側端子に、一端子対SAW共振子を接続し、さらに8pFのコンデンサ素子を直列接続した場合のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図9】図3に示した弾性表面波装置の第1のSAWフィルタの出力側端子に一端子対SAW共振子を直列接続した場合の減衰量周波数特性を示す図。

【図10】(a)及び(b)は、図3に示した弾性表面波装置中の第1のSAWフィルタの出力側端子に一端子対SAW共振子を直列接続した場合のインピーダンススミスチャートを示す図であり、(a)は中央のIDT側の端子のインピーダンススミスチャートを、(b)は外側のIDT側の端子のインピーダンススミスチャートを示す。

【図11】図1に示した従来の弾性表面波装置の第1のSAWフィルタ側の減衰量周波数特性を示す図。

【図12】(a)及び(b)は、それぞれ、図1の弾性表面波装置の第1のSAWフィルタの中央のIDT側の端子及び外側のIDT側の端子におけるインピーダンススミスチャートを示す図。

【図13】図2に示した弾性表面波装置の第1のSAWフィルタ側の減衰量周波数特性及びVSWR一周波数特性を示す図。

【図14】(a)及び(b)は、それぞれ、図2に示した弾性表面波装置の中央のIDT側の端子及び外側のIDT側の端子におけるインピーダンススミスチャートを示す図。

【図15】図2に示した従来の弾性表面波装置の第2のSAWフィルタ側の減衰量周波数特性及びVSWR一周波数特性を示す図。

【図16】(a)及び(b)は、それぞれ、図2に示した弾性表面波装置の第2のSAWフィルタにおける外側のIDTを含む側の端子及び中央のIDT側の端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図17】第1、第2のSAWフィルタを単に並列に接続した場合の第2のSAWフィルタの減衰量周波数特性及びVSWR一周波数特性を示す図。

【図18】(a)、(b)は、それぞれ、第1、第2のSAWフィルタを単に並列接続した場合の外側のIDTを含む側の端子及び中央のIDT側端子におけるインピーダンススミスチャートを示す図。

【図19】本発明の弾性表面波装置の具体的な電極接続状態の一例を説明するための略図の平面図。

【図20】一端子対SAW共振子をSAW共振子フィルタの中央のIDTの一方の電極に直列接続し、15pFのコンデンサ素子をさらに接続した場合の減衰量周波数特性を示す図。

【図21】(a)及び(b)は、それぞれ、図20に示した特性を得た構成のSAW共振子フィルタの外側ID

Tを含む側の端子及び中央のIDTを含む側の端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図22】一端子対SAW共振子をSAW共振子フィルタの中央のIDTの一方の電極に直列接続し、15pFのコンデンサ素子をさらに接続し、加えて第2のSAWフィルタを第1のSAWフィルタに並列接続した場合の第1のSAWフィルタの減衰量周波数特性及びVSWR一周波数特性を示す図。

【図23】(a)及び(b)は、それぞれ、図22に示した特性を得た場合の構成において、第1のSAWフィルタの外側のIDTを含む側の端子及び中央のIDTを含む側の端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

【図24】本発明の弾性表面波装置の電極接続構造の他の例を示す略図の平面図であり、圧電基板上に第1のSAWフィルタ、一端子対SAW共振子及びコンデンサ素子が接続されている状態を示す図。

【図25】図24に示した圧電基板を用いて構成された本発明の弾性表面波装置の一例を説明するための断面図。

【図26】同一圧電基板上に第1、第2のSAWフィルタを構成してなる本発明の弾性表面波装置の他の構造例を説明するための略図の平面図。

【図27】図26に示した弾性表面波装置をパッケージ化してなる構造の断面図。

【図28】900MHz帯における3電極型縦結合SAW共振子フィルタにおける、A1電極の膜厚 h と電極の波長 λ の比 h/λ に対する振幅特性の比帯域幅を示す図。

【図29】図28に示した結果を得た場合の3電極型SAW共振子フィルタの外側のIDT端子のインピーダンススミスチャートを示す図。

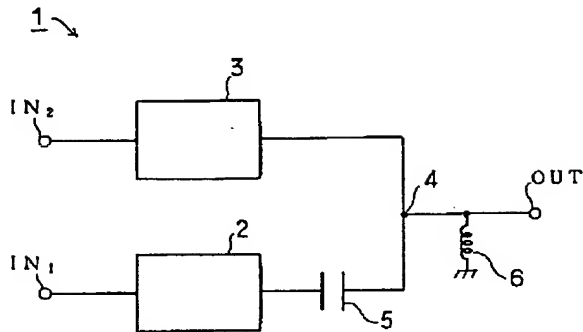
【符号の説明】

- 21…弾性表面波装置
- 22…第1のSAWフィルタ
- 23…第2のSAWフィルタ
- 24…並列接続点
- 25…コンデンサ素子
- 26…一端子対SAW共振子
- 27…インダクタンス素子
- 31…弾性表面波装置
- 32…第1のSAWフィルタ
- 33～35…IDT
- 36、37…反射器
- 38…一端子対SAW共振子
- 39…並列接続点
- 40…コンデンサ素子
- 42…インダクタンス素子
- 42…第2のSAWフィルタ
- 43～45…IDT

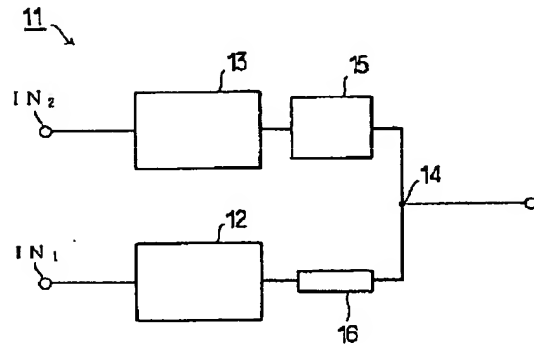
46, 47…反射器
 51…弾性表面波素子
 52…圧電基板
 53…3電極型SAW共振子フィルタ（第1のSAWフィルタ）
 54～56…IDT
 59a～59c…接地電極
 58…入力引き出し電極
 60, 61…反射器

62…一端子対SAW共振子
 63…コンデンサ
 64…接続電極（並列接続点）
 71…弾性表面波装置
 75…第1のSAWフィルタが形成された圧電基板
 81…第2のSAWフィルタ
 82～84…IDT
 85, 86…反射器

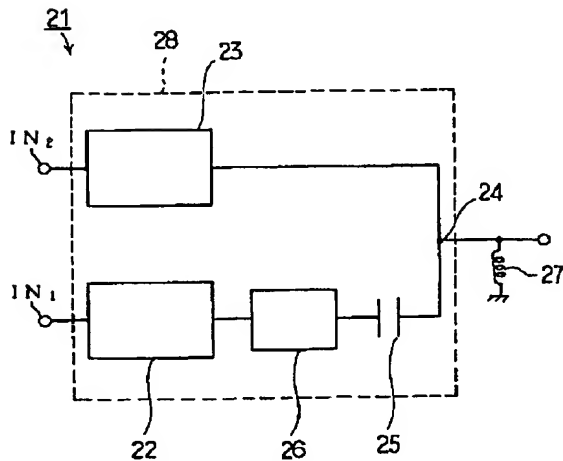
【図1】



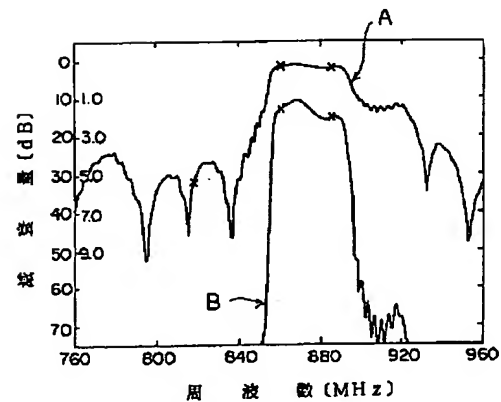
【図2】



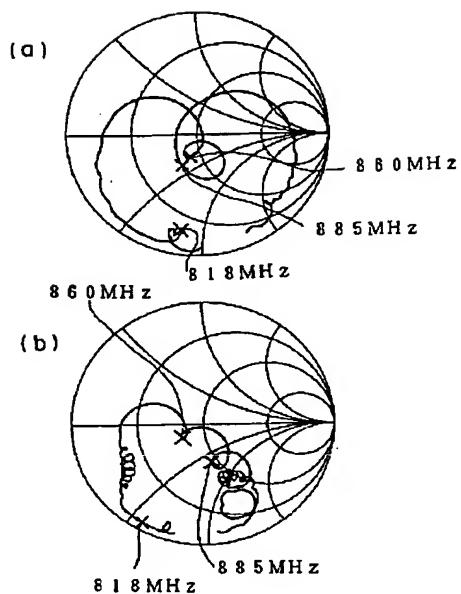
【図3】



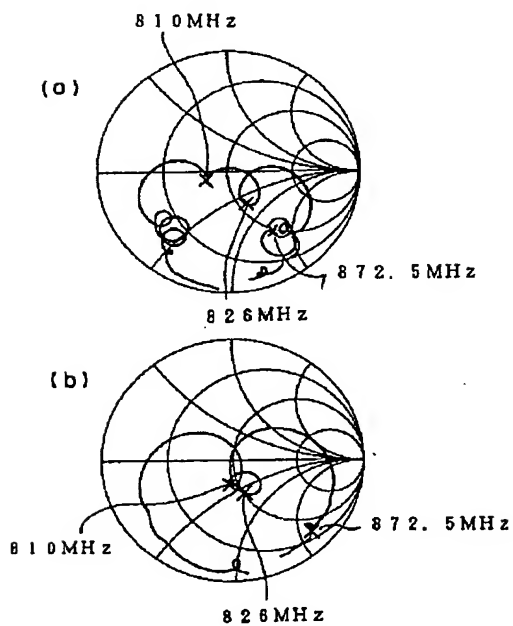
【図4】



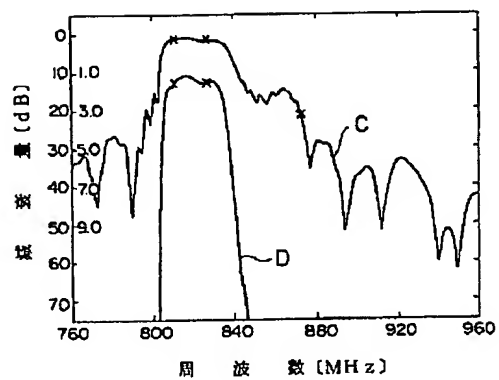
【図5】



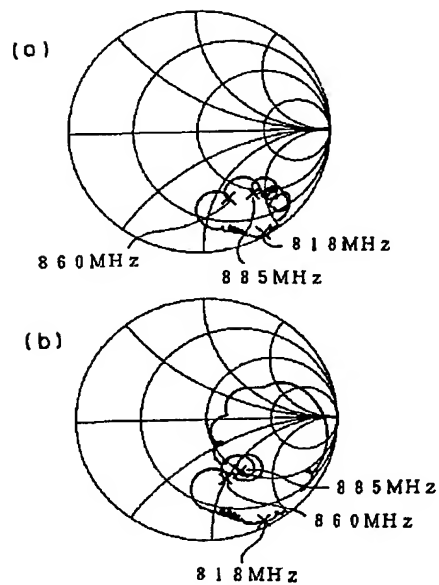
【図7】



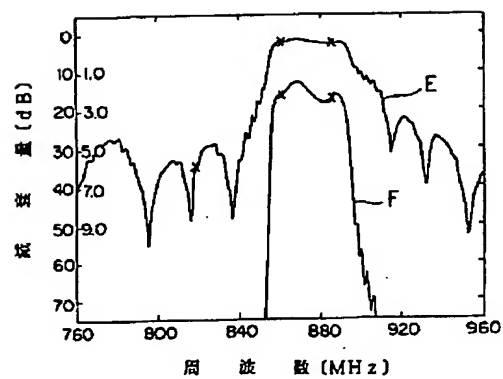
【図6】



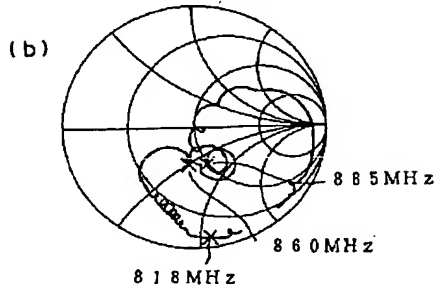
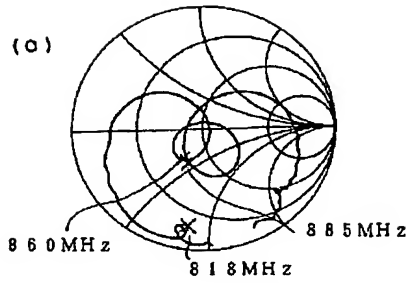
【図8】



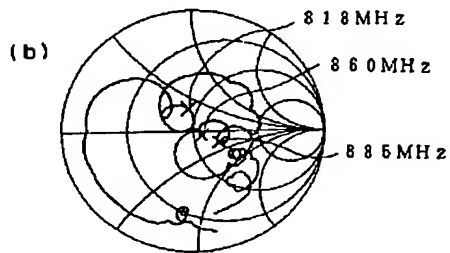
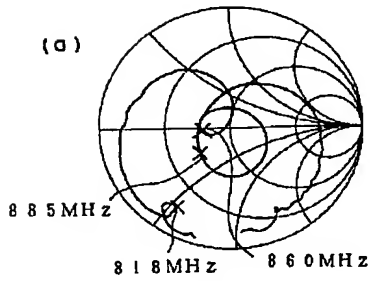
【図9】



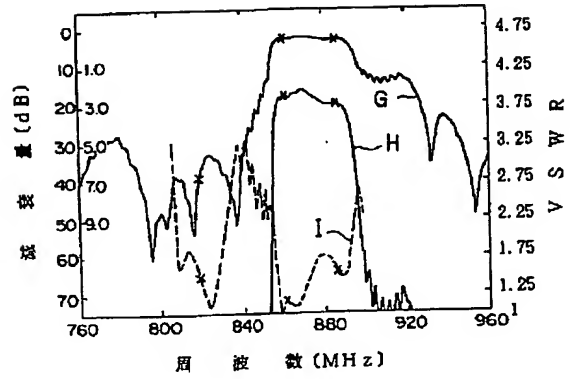
【図10】



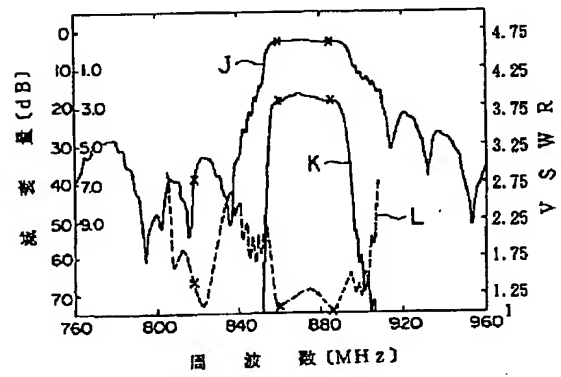
【図12】



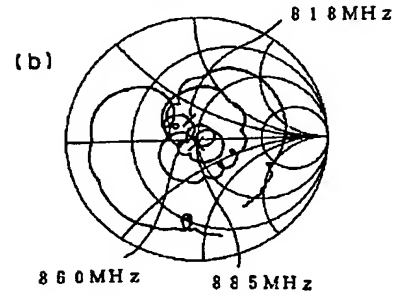
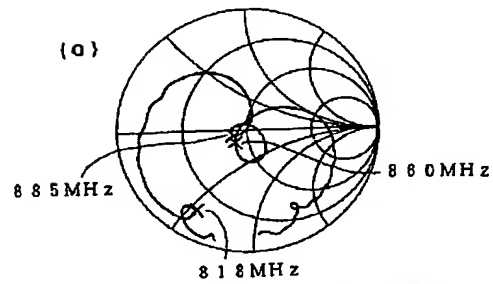
【図11】



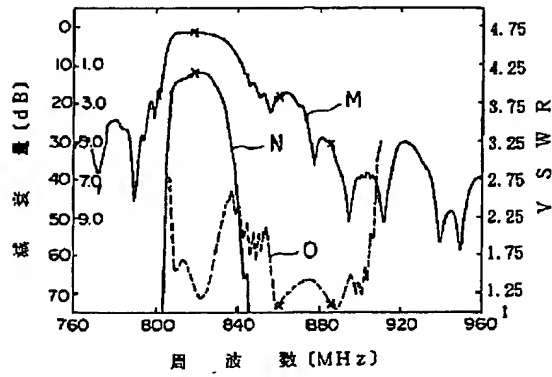
【図13】



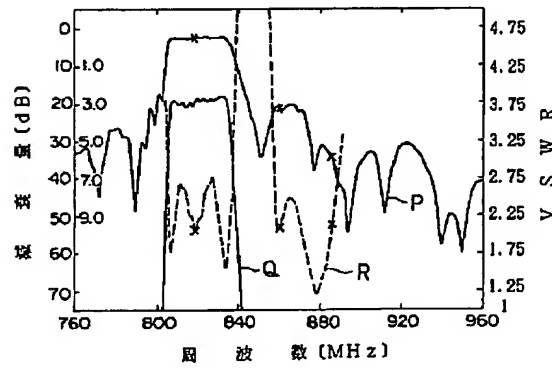
【図14】



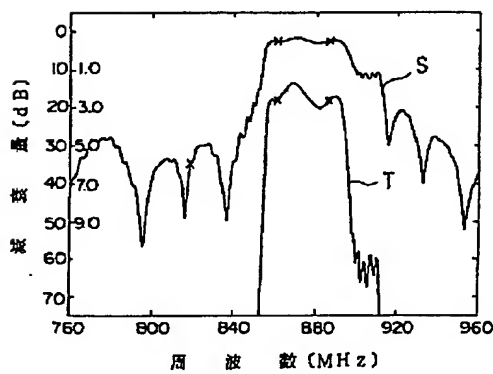
【図15】



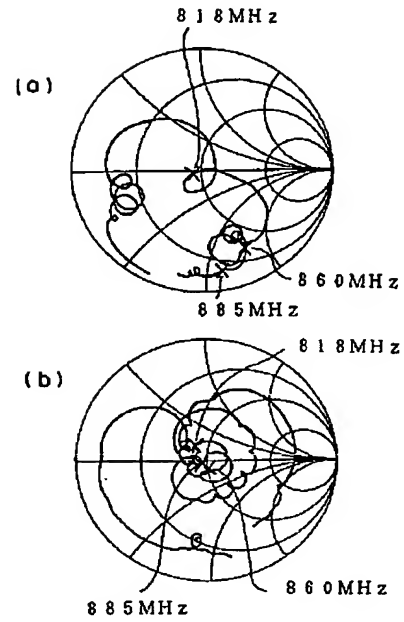
【図17】



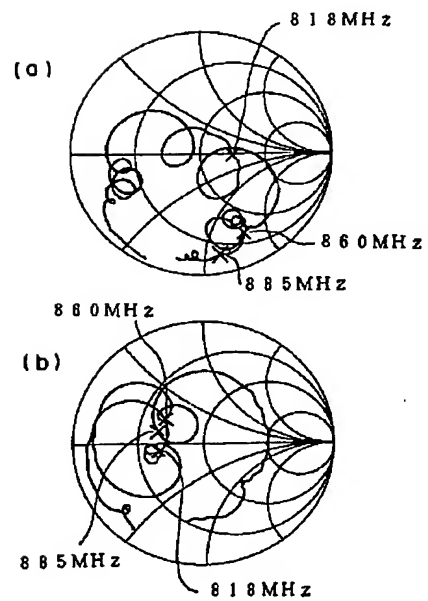
【図20】



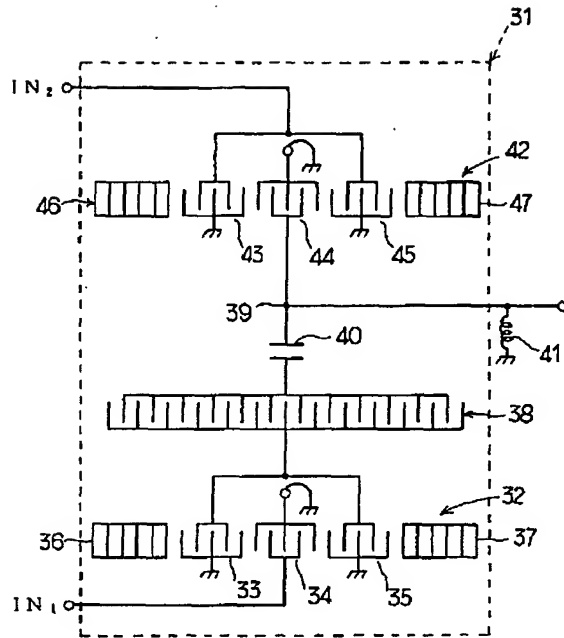
【図16】



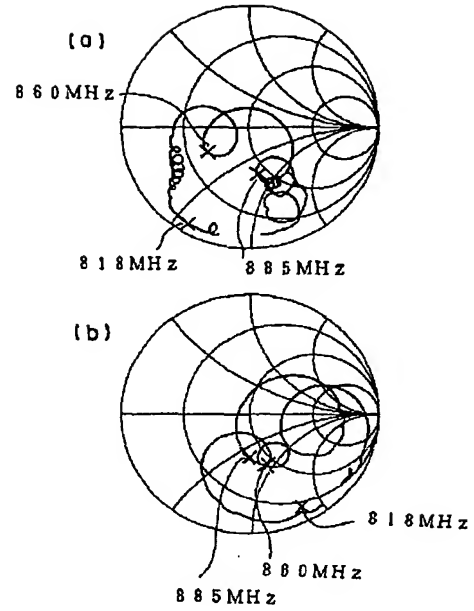
【図18】



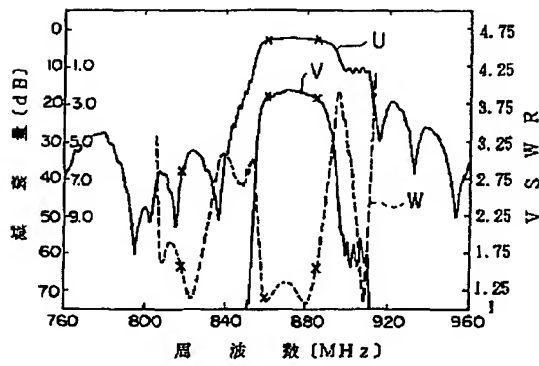
【図19】



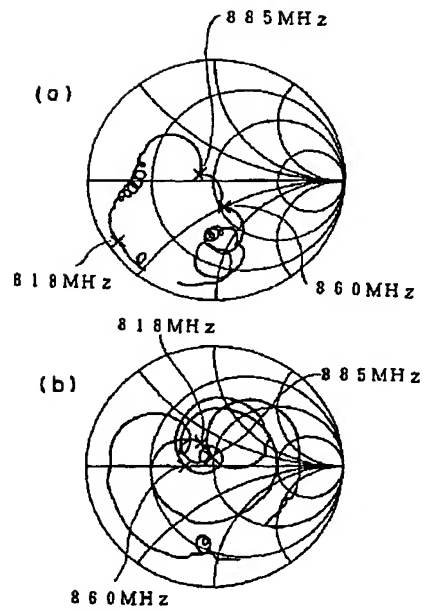
【図21】



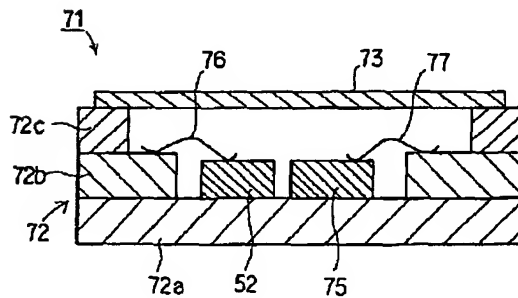
【図22】



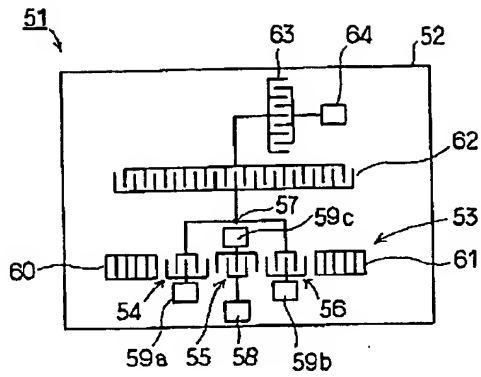
【図23】



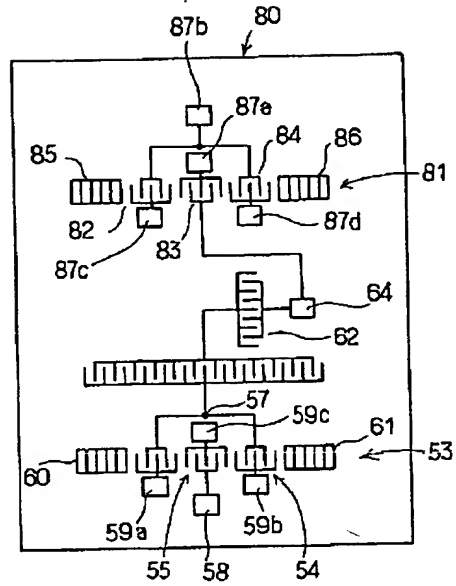
【図25】



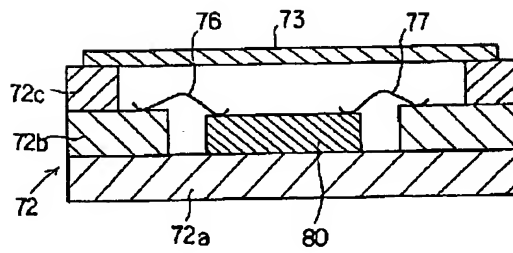
【図24】



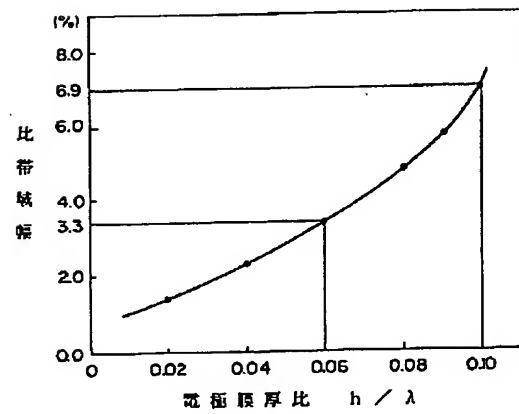
【図26】



【図27】



【図28】



【図29】

